

永平铜矿喷流沉积成矿的地质地球化学证据

Geochemical Evidence of Sedimentary Exhalation Mineralization of Yongping Copper Deposits

张展适 祝民强

(东华理工学院, 江西 临川 344000)

Zhang Zhanshi and Zhu Minqiang

(East China Institute of Technology, Linchuan City 344000, Jiangxi, China)

摘 要 永平铜矿田的硅质岩、铁碧玉岩等喷流岩的岩石学及硅化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化等围岩蚀变特征和矿石矿物特别是黄铁矿和黄铜矿中硫同位素组成等地质地球化学特征表明在永平铜矿田的形成过程中喷流沉积成矿起了重要的作用, 作者采用地球化学模式程序模拟了喷流成因似夕卡岩-石榴石的形成过程, 在此基础上恢复了永平铜矿的成矿作用过程。

关键词 永平铜矿田 模式程序 喷流沉积成矿

江西永平铜矿田地处新华夏系武夷山隆起带北段, 广丰—东乡近东西向深大断裂带南侧, 是怀玉山—北武夷山铜-铅-锌多金属成矿带陈坊—永平亚带中的一个以铜硫为主, 伴有钨、铅、锌的大型铜多金属矿床。矿区出露的地层主要有前寒武系周潭群混合岩; 石炭系中统叶家湾组, 上统船山组; 二叠系下统茅口组、李家组, 上统龙潭组及第四系。容矿主岩为叶家湾组的一套以碎屑岩、碳酸盐岩夹中酸性火山岩—火山碎屑岩为主的海相沉积建造, 空间上呈南北向夹持于F₁和F₂断裂之间, 燕山期十字头岩体和火烧岗岩体呈不规则岩株状侵入于周潭群和叶家湾组地层中。

前人对永平铜矿做了大量的工作, 对其成因涉及火山沉积、岩浆热液、接触交代(夕卡岩化)、混合岩化、动力变质及叠加改造等成矿作用, 但对于各成矿作用的贡献则存在较大的分歧, 特别是对海西期的一套喷流岩及其对成矿的贡献缺乏深入研究。本文致力于探讨海西期喷流沉积岩的地质、地球化学特征, 并采用地球化学模式程序模拟其喷流成矿作用, 在此基础上提出有关永平铜矿成因的新认识。

1 喷流沉积岩的地质、地球化学特征

矿区容矿主岩为叶家湾组的碳酸岩、硅质岩、砂岩、泥质岩夹中酸性火山岩, 含矿层呈复层状产出, 单层表现出自下而上为中酸性火山岩—层状似夕卡岩—碳硅页岩—硅质岩—碧玉岩—不纯灰岩组成的特点, 矿体产于层状似夕卡岩中, 除火山岩外, 层状似夕卡岩、硅质岩及碧玉岩均有明显的喷流特征。

1.1 层状似夕卡岩

矿区夕卡岩呈层状、似层状展布, 并与钙质、碳硅质页岩和灰岩呈互层状产出, 既无典型夕卡岩的分带中心, 亦无高、低温矿物的不同组合, 且矿石组分简单, 以石榴石为主, 伴有透辉石、绿帘石、石英及绿泥石等。朱超(1986)认为夕卡岩是混合岩化碱硅质参与交代作用的结果。而刘继顺(1994)则认为是由喷流作用形成的特殊夕卡岩。为了证明夕卡岩的成因, 笔者采用地球化学模式程序 EQ3/6 进行了 300℃ (为该程序的最大模拟温度) 条件下, 富含铜的热海水与碳酸岩及火山质凝灰岩在开放、循环体系条件下相互作用的模拟研究, 计算中采用 Nordstrom 等 1979 采用的海水成分(见表 1), 图 1 表示 300℃ 条件下

海水与碳酸盐及凝灰岩反应时次生矿物的种类及生成顺序。该模拟结果表明,海水与碳酸盐及凝灰岩反应时首先生成了硬石膏、叶蛇纹石及赤铁矿等矿物,但叶蛇纹石在反应后期又溶解了。在反应的末期则生成了石膏和石榴石。该模拟结果证明了在该条件下最终能生成以石榴石为主的成分单一的似夕卡岩。因此笔者推测永平矿区的似夕卡岩是在火山喷发作用间歇期,大规模的火山喷流带来的Fe、Mg、Al、Si等元素,加入到由不纯灰岩组成的海盆中而形成的似夕卡岩,但当海盆地中温度下降后(或喷流组分耗尽后),达不到形成夕卡岩的物理化学条件和物质成分,因此就只能形成不纯灰岩。而多期次的喷流脉动便形成了似夕卡岩与不纯灰岩互层状产出的现象。

表1 模拟计算采用的海水成分

元素	含量	元素	含量	元素	含量
Na ⁺	10768	HCO ₃ ⁻	141.682	Al ³⁺	1.00E-12
Ca ²⁺	412.3	Cl ⁻	19353	Sr ²⁺	1.00E-12
K ⁺	399.1	NO ₃ ⁻	0.29	HPO ₄ ⁻	1.00E-12
Mg ²⁺	1291.8	SO ₄ ²⁻	2712	B(OH) ₃	1.00E-12
F	2.18	Mn ²⁺	0.0002	SiO ₂ (aq)	4.28
pH	8.22	Fe ²⁺	0.002		

据Nordstrom等 1979, 单位为 10⁻⁶

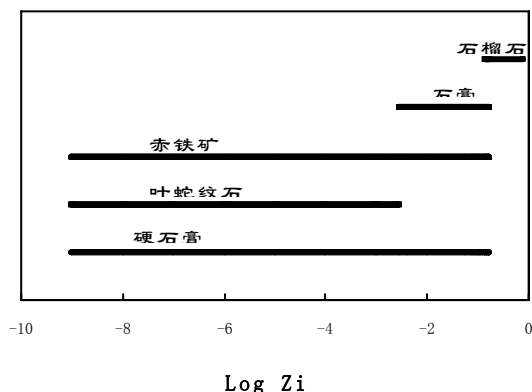


图1 海水与碳酸盐及凝灰岩相互作用生成物及顺序

1.2 硅质岩

矿区硅质岩呈白色或灰白色,单层厚 1~5 cm (在矿区外围深色硅质岩可达几米到二十余米),含电气石、磷灰石等富挥发性矿物及层纹状硫化物(黄铁矿、黄铜矿),与火山岩互层产出。徐跃通(1996)进行了硅质岩的地球化学特征研究,包括常量元素、微量元素、稀土元素、硅和氧同位素组成特征等,其研究结果表明,永平地区石炭纪硅质岩具如下特征:①常量元素相对富Fe、Mg,贫Al、Ti,微量元素中As、Sb、Bi、Ga的含量较高,平均值分别为 123×10^{-6} 、 24.9×10^{-6} 、 19.9×10^{-6} 及 161×10^{-6} ,在Fe-Mn-(Ni+Co+Cu)三角图上,8件样品的投影点均位于Rona的热泉沉积岩区内(徐跃通,1996);②稀土元素特征为,REE总量较低,4件样品平均值为 21.74×10^{-6} ,LREE/HREE均值为 1.46,即相对富集HREE,Ce/Ce*为 0.88(徐跃通,1996),即有一定的Ce亏损;③氧同位素特征, $\delta^{18}\text{O}$ 值变化范围为 14.3‰~19.8‰,平均值为 16.2‰(徐跃通,1996),比火山成因硅质岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值高出许多倍,却与多数地区喷流成因硅质岩(如阿拉斯加,中国西成、凤太和沃溪等地) $\delta^{18}\text{O}$ 值(16.5‰~21.8‰)(隗合明,1991)相近,同时也分布在Clayton(1986)的热泉华石英 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围 12.2‰~23.6‰之内,表明本区硅质岩确系热水沉积作用的产物;④硅同位素特征,本区硅质岩中 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化范围为 0.6~0.8‰,平均值为 0.7‰(徐跃通,1996),分布在热水来源石英 $\delta^{30}\text{Si}$ 范围(-1.5‰~0.8‰)内(Clayton,1986,Douthitt,1982)。

以上特征表明本区硅质岩在常量和微量元素组成、稀土元素特征及氧、硅同位素组成等方面具备了热水沉积成因硅质岩的地球化学特征,是典型的喷流沉积岩。

1.3 铁碧玉岩

铁碧玉岩出露于叶家湾组上部,在矿区 16 线采场厚度达 1.76 m,呈深红色,透镜状,致密块状,具角砾状构造,角砾大小不等,并常为黄铁矿和碳酸岩所交代,主要成分为微晶石英,次为赤铁矿、粘土和碳酸盐组成,局部含赤铁矿达 30%~40%,构成低品位铁矿石。

2 永平铜矿喷流成矿的地球化学证据

除含有上述喷流沉积岩及其组合外,永平铜矿床还具有以下一些典型的喷流矿床特点,①围岩蚀变为

硅化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化等，并且底板围岩蚀变较顶板强。②矿体与围岩之间界线清楚，矿石具有角砾状构造，层状矿化与浸染状、脉状矿化互层，浸染状矿体发育于层状矿体之下。③矿区矿石黄铁矿和黄铜矿中硫同位素为小的正值，且变化范围窄，如黄铁矿中 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于0.8~3.2%之间，黄铜矿中 $\delta^{34}\text{S}$ 介于0.3%~0.8%之间（王安城，1987）。

此外据宋天锐等（1989）、丁梯平（1990）及丁梯平等（1988）对典型硅质岩 $\delta^{30}\text{Si}$ 值分析表明，硅质岩中 $\delta^{30}\text{Si}$ 值在不同的沉积环境中的分布规律性为：深海→半深海→滨浅海环境， $\delta^{30}\text{Si}$ 值从+0.16‰→+0.4‰→+1.3‰逐步增大，从本区硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化范围为0.6~0.8‰，平均值为0.7‰可以看出，本区硅质岩主要在半深海到浅海环境下形成。另据刘继顺（1996）的研究，喷流沉积型块状硫化物矿床的形成受水深条件的制约，海水深度决定喷流热液到达海底以前是否沸腾，沸腾会使喷出的成矿物质快速与海水混合而分散，只能形成网脉状矿化和贫矿。Mchirney（1963）研究了纯水的临界点决定爆发性喷发（沸腾）的最大水深，认为对于块状硫化物矿床而言，温度与抑制沸腾的最低压力或水深之间的关系大致为：250℃时压力为 $4.0\times 10^6\text{ Pa}$ ，对应水深为400 m；300℃时压力为 $7.0\times 10^6\text{ Pa}$ ~ $8.0\times 10^6\text{ Pa}$ ，对应水深为700~800 m。因此，倘若300℃的成矿热液喷流到浅于700米的海底时，就会发生沸腾现象，不能形成块状矿体，只能形成网脉状矿化和浸染状矿化。永平铜矿矿化石英脉中石英包裹体的均一温度为200~290℃，而硅质岩主要在半深海-浅海环境下形成，这样就造成了矿床中浸染状、条带状和块状构造均发育，并交互出现的现象。这一点更让人信服了永平铜矿床的喷流成因。

3 矿床成因分析

永平铜矿床除经历了喷流沉积主成矿作用外，还经历了后期的动力变质改造作用和岩浆热液叠加改造成矿作用，为多因复成矿床。其成矿过程恢复如下：

海西早期地幔柱上涌，岩石圈拉伸，沿广丰—东乡断裂形成了信江断陷盆地，在永平Ⅲ级断陷盆地内发生了强烈的海底中酸性火山喷发和大规模的海底热液喷流沉积作用，海水和中酸性火山岩及碳酸岩相互作用形成了叶家湾组地层和层状矿体，王安城（1987）得到的成矿热液中氧同位素为-2.4~+6.3‰，介于典型的岩浆水和大气降水之间，体现的正是海水和中酸性火山岩及碳酸岩相互作用等水—岩作用的结果。印支运动造成海西—印支期断陷盆地闭合，形成了永平推覆构造，该构造一方面破坏了含矿岩系和矿体的连续性，另一方面对矿体产生动力变质改造成矿作用。印支期后本区在太平洋板块作用下，基底断裂活化，陆内物质发生同熔和重熔，引起大规模的燕山期酸性岩浆喷发和侵入活动，使永平铜矿得到进一步的富集，同时由于燕山期本区一直处于隆起剥蚀状态，原生矿体发生氧化和次生富集作用，形成了一些氧化铜矿石和次生富集矿石。

参 考 文 献

- 丁梯平, 等. 1988. 硅同位素测量方法及其地质应用. 矿床地质, 7(4): 90~95.
- 丁梯平. 1990. 硅同位素地球化学研究进展. 矿物岩石地球化学通讯, 3: 99~101.
- 刘继顺, 等. 1994. 喷流沉积成矿研究的新进展. 中南矿冶学院学报, (增刊 1): 119~123.
- 刘继顺. 1996. 喷流沉积成矿作用研究的若干问题. 矿产与地质, 10(1): 6~10.
- 宋天锐, 丁梯平. 1989. 硅质岩中硅同位素 ($\delta^{30}\text{Si}$) 应用于沉积相分析的新尝试. 34(18): 1408~1411.
- 王安城. 1987. 江西永平铜硫矿床成矿物质来源及矿床成因的探讨. 江西地质, 1(1): P6~17.
- 隗合明. 1991. 秦岭凤太矿田层控铅锌 (铜) 矿床的氧化硅产出特征及其硅质来源. 矿床地质, 10(4): 300~312.
- 徐跃通. 1996. 江西永平地区石炭纪硅质岩成因地球化学特征及沉积环境. 大地构造与成矿学, 20(3): 20~28.
- 朱 超. 1986. 永平矿区层控夕卡岩成因初议. 赣东北地质, (1): 12~20.
- Douthitt C B. The geochemistry of the stable isotopes of silicon. Geoch. Cosmoch. Acta, 46: 1449~1458.
- McBirney A R. 1963. Factors governing the nature of submarine volcanism. Bulletin Volcanologique, 26(5): 455~469.
- Nordstrom D K, Plummer L N, Wigley T M L, et al. 1979. A comparison of computerized chemical models for equilibrium calculations in aqueous systems. In: Jenne E A, ed. Chemical Modeling in aqueous systems, speciation, sorption, solubility, and kinetics, Series 93. American Chemical Society. 857~892.